

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb einer technischen Anlage

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer technischen Anlage, insbesondere einer Kraftwerksanlage.

Moderne industrielle Anlagen weisen in der Regel eine Vielzahl an Anlagenteilen auf, welche miteinander hochkomplex
10 wechselwirken.

Um eine Anlage betreiben zu können, werden üblicherweise zumindest bei den wichtigen Anlagenteilen Betriebsparameter sensorisch erfasst und einem Automatisierungs- und/oder Prozessleitsystem zugeführt. Bei diesen Betriebsparametern kann
15 es sich z.B. um Eingangsparameter handeln, welche von einem Bediener eingestellt werden, um ein Anlagenteil auf eine gewünschte Weise zu betreiben. Beispielsweise müssen bei einer Gasturbine die Brennstoff- und Luftzufuhr zu einer Brennkammer eingestellt werden, um eine gewünschte Leistung der Gasturbine abzurufen. Diese Leistung ist ebenfalls ein Betriebsparameter der Gasturbine, welcher als Ausgangsparameter aufgefasst werden kann.

25 Mit der Gasturbine sind weiterhin ein Generator sowie zahlreiche weitere Hilfsbetriebe verbunden. Jedes Anlagenteil weist dabei zahlreiche Betriebsparameter auf, welche von einem Betreiber der Anlage einzustellen sind bzw. welche sich als Folge derartiger Einstellungen als Ausgangsparameter ergeben.
30

Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass allein aus der Erfassung der Betriebsparameter nur in beschränktem Maß Rückschlüsse und Maßnahmen für den Betrieb der technischen Anlage
35 abgeleitet werden kann. Dies ist höchstens in Teilbereichen möglich, beispielsweise bei der Notabschaltung eines Anlagen-

teils, falls der aktuelle Wert eines Betriebsparameters einen Grenzwert verletzt.

- 5 Eine Hauptschwierigkeit liegt darin, in der Fülle der Daten an Betriebsparametern Zusammenhänge zu erkennen, um den Betrieb der Anlage insgesamt positiv beeinflussen zu können.

- 10 Ein Lösungsansatz aus dem Stand der Technik besteht darin, die technische Anlage mittels eines Modells zu simulieren, um herauszufinden, welche Veränderungen von Betriebsparametern zu welchen Veränderungen anderer Betriebsparameter führen, um die Wechselwirkungen zwischen den Anlagenteilen oder auch innerhalb eines Anlagenteils zu verstehen.

- 15 Dieses Vorgehen ist jedoch sehr aufwendig und fehleranfällig, da die Modellierung einer komplexen technischen Anlage schwierig und nur mit begrenzter Genauigkeit möglich ist.

- 20 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb einer technischen Anlage anzugeben, mittels welchem die Betriebsweise einer technischen Anlage auf einfache Weise ermittelt wird.

- 25 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer technischen Anlage, wobei während eines Zeitintervalls einer frei wählbaren Größe Betriebsparameter mindestens eines Anlagenteils erfasst werden und aus dem zeitlichen Verhalten dieser Betriebsparameter mittels Methoden der künstlichen Intelligenz umfassend mindestens eine Methode aus der Gruppe {neuronales Netz, Fuzzy Logic, kombinierte Neuro-Fuzzy-Methode, genetischer Algorithmus} eine Betriebsweise und/oder Funktionsweise der technischen Anlage ermittelt wird.

- 35 Die Betriebsparameter umfassen dabei auch solche Größen, welche beispielsweise von Zustandüberwachungssystemen wie z.B.

einer Vibrationsanalyse als Messgrößen oder abgeleitete Größen ermittelt und zur Verfügung gestellt werden.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass sich
5 aus einem zeitlichen Verhalten von Betriebsparametern, welche
während eines Zeitintervalls erfasst und abgespeichert werden,
Rückschlüsse auf die aktuelle Betriebsweise der technischen
Anlage ziehen lassen, ohne dass dazu eine detaillierte
Kenntnis der Abhängigkeiten der Betriebsparameter voneinander
10 vorab nötig ist. Insbesondere muss kein Modell der technischen
Anlage vorliegen, um diese Aussagen machen zu können.

Das zeitliche Verhalten der Betriebsparameter kann dabei beispielsweise
dadurch erfasst werden, in dem zu einem aktuellen
15 und zu einem späteren (oder auch historischen) Zeitpunkt eine
Anzahl an Betriebsparametern jeweils zeitgleich erfasst und
zu je einer Momentaufnahme/Fingerprint zusammengefasst werden,
die dann verglichen werden können.

20 Mit Hilfe bekannter Methoden der künstlichen Intelligenz ist
es möglich, wenn - wie beim erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen -
zumindest während eines Betrachtungszeitraums die dabei anfallenden
Betriebsparameter und somit deren zeitliches Verhalten erfasst werden,
Auswirkungen von Änderungen
25 einer Anzahl an Betriebsparametern auf das Verhalten anderer
Betriebsparameter festzustellen und zu quantifizieren.

Wenn sich z.B. während des Erfassungs-Zeitintervalls bestimmte
Betriebsparameter verändern (beispielsweise linear) und
30 bestimmte andere Betriebsparameter daraufhin ebenfalls eine
Veränderung zeigen (beispielsweise quadratisch), so wird dieser
Zusammenhang mittels Methoden der künstlichen Intelligenz
aufgespürt und quantifiziert, ohne dass vorab beispielsweise
eine Modellgleichung vorliegen oder ermittelt werden muss.

35

Die bekannten Methoden der künstlichen Intelligenz können Zusammenhänge
zwischen Betriebsparametern innerhalb einer Da-

tenmenge an Betriebsparametern lernen, indem sie deren zeitliches Verhalten analysieren. Die dabei festgestellten Zusammenhänge und deren Quantifizierung werden umso besser, je größer die zu untersuchende Datenmenge an Betriebsparametern ist. Sobald ein Zusammenhang zwischen bestimmten Betriebsparametern identifiziert und quantifiziert ist, sind die Methoden der künstlichen Intelligenz weiterhin in der Lage, auch für solche Betriebsparameter und deren Veränderungen, für welche noch kein Abbild als bereits erfasste Datensätze an Betriebsparametern vorliegt, anzugeben, mit welchem Verhalten davon abhängiger anderer Betriebsparameter zu rechnen ist.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist folglich auf einfache Weise die Betriebsweise und/oder Funktionsweise der technischen Anlage ermittelbar, insbesondere ohne dass eine Modellierung der technischen Funktion der Anlage bekannt sein muss. Die Ermittlung der Betriebs- und/oder Funktionsweise geschieht dabei durch die beschriebene Analyse des Verhaltens der Betriebsparameter und deren gegenseitiger Abhängigkeiten. Die während des Zeitintervalls erfassten Betriebsparameter können als Moment- oder Bestandsaufnahmen oder auch Charakterisierung des Anlagenteils oder der Anlage verstanden werden („Fingerprint“ des Anlagenteils bzw. der Anlage). Ein Fingerprint ersetzt dabei ein klassisches Modell, wobei gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren vom Verhalten der Betriebsparameter auf die Betriebs- und/oder Funktionsweise der technischen Anlage mittels Methoden der künstlichen Intelligenz geschlossen wird. Dazu können z.B. bei einer Kraftwerksanlage Fingerprints für das An- und Abfahren sowie den Normalbetrieb aufgenommen werden, um die jeweilige Betriebsweise kennen und identifizieren zu lernen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Betriebsparameter während mindestens zweier zeitlich auseinanderliegender Zeitintervalle erfasst, die dabei jeweils als Datensatz erfassten Betriebsparameter miteinander verglichen und mittels Methoden der künstlichen Intelligenz umfassend

mindestens eine Methode aus der Gruppe {neuronales Netz, Fuzzy Logic, kombinierte Neuro-Fuzzy-Methode, genetischer Algorithmus} wird eine Vorhersage ermittelt, wie die Betriebsparameter einzustellen sind, um eine gewünschte Betriebsweise der technischen Anlage zu erreichen.

Bei dieser Ausführungsform wird ein Vergleich mindestens zweiter Fingerprints vorgenommen, wobei beispielsweise die sich im Vergleich am stärksten verändernden Betriebsparameter gezielt untersucht werden. Dieser Vergleich hilft dabei festzustellen, welche Veränderungen von bestimmten Betriebsparametern nötig sind, um bestimmte andere Betriebsparameter gezielt zu beeinflussen.

15 Eine Kraftwerksanlage kann sich beispielsweise tagelang im Normalbetrieb befinden und plötzlich fällt die abgegebene Leistung ab. Ein Vergleich von Fingerprints aus der Historie der technischen Anlage zeigt, was sich verändert hat (z.B. zeigen die Betriebsparameter für einen Außenluftdruck einen deutlichen Abfall an) und auch, wie dem entgegenzuwirken ist, um die Leistung zumindest zu halten (z.B. zeigen die Betriebsparameter für den Verbrennungsluftdruck ebenfalls einen Abfall an). Eine Vorhersage wird dadurch ermittelt, indem durch gezieltes Einstellen ausgewählter Betriebsparameter eine gewünschte Betriebsweise der Kraftwerksanlage ermittelt wird. Die Vorhersage umfasst dabei bevorzugt die Angabe der zu ändernden Betriebsparameter sowie deren Einstellwerte als Datensatz, um die gewünschte Betriebsweise zu erreichen.

30 Der Vergleich kann dabei auch den Vergleich von Fingerprints baugleicher aber voneinander verschiedener Anlagen sowie den Vergleich von Fingerprints von zueinander lediglich ähnlicher Anlagen umfassen.

35 Besonders bevorzugt wird dabei zusätzlich zur Vorhersage ein Vertrauensmaß ermittelt, welches eine Wahrscheinlichkeit dafür repräsentiert, dass ein Einstellen der Betriebsparameter

entsprechend der Vorhersage zur gewünschten Betriebsweise führt. Ein Vertrauensmaß von beispielsweise 100 % bedeutet, dass mit größter Sicherheit damit zu rechnen ist, dass eine Einstellung der Betriebsparameter gemäß der Vorhersage zur gewünschten Betriebsweise der technischen Anlage führt. Ein 5 derartig hohes Vertrauensmaß entsteht dann, wenn die aktuell gewünschte Betriebsweise der technischen Anlage sowie etwaige Randbedingungen (z.B. Umweltfaktoren) in der Vergangenheit bereits realisiert wurde bzw. aufgetreten sind und auch die 10 dabei verwendeten Einstellwerte für die Betriebsparameter als Fingerprint bekannt sind.

In diesem Fall kann also mit größter Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die technische Anlage auch in der Gegenwart 15 wieder in der Lage ist, die gewünschte Betriebsweise zu erreichen.

Ein Vertrauensmaß von beispielsweise 60 % kann dabei bedeuten, dass im Vergleich zur aktuell gewünschten Betriebsweise 20 der technischen Anlage keine dieser gewünschten Betriebsweise exakt entsprechende historische Betriebsweise als Fingerprint vorliegt. Jedoch gab es eine ähnliche Betriebsweise, so dass zwar nicht mit größter Sicherheit davon auszugehen ist, dass die durch die Vorhersage angegebenen Einstellwerte für die 25 Betriebsparameter die gewünschte Betriebsweise erreichen, dass aber immerhin eine gute Chance dazu besteht.

Ein Vertrauensmaß nahe 0 % kann beispielsweise weiterhin angeben, dass eine vergleichbare gewünschte Betriebsweise der 30 technischen Anlage noch nie annähernd vorgelegen hat und folglich die in der Vorhersage ermittelten Einstellwerte für die Betriebsparameter mit einer großen Unsicherheit hinsichtlich des Erreichens der gewünschten Betriebsweise behaftet sind.

35

Vorteilhaft wird die Betriebsweise der technischen Anlage mittels einer Korrelationsanalyse der Betriebsparameter er-

mittelt, wobei die Auswirkungen von Änderungen von Betriebsparametern, welche Eingangsparametern entsprechen, auf Betriebsparameter, welche Ausgangsparametern entsprechen, ermittelt werden.

5

Bei dieser Ausführungsform werden gezielt Auswirkungen einer Veränderung von Eingangsparametern auf davon abhängige Ausgangsparameter detektiert und quantifiziert.

10 Eingangsparameter sind dabei üblicherweise Betriebsparameter, deren Werte entweder von einem Bediener der technischen Anlage eingestellt werden müssen oder die durch Randbedingungen, beispielsweise Umwelteinflüsse, festgelegt sind.

15 Ausgangsparameter sind solche Betriebsparameter, die sich in Folge einer Einstellung der Eingangsparameter ergeben und folglich von diesen abhängig sind; die Korrelationsanalyse untersucht dabei die Art des Zusammenhangs und quantifiziert diesen.

20

Idealerweise werden bei einer technischen Anlage die Betriebsparameter aller wesentlichen Anlagenteile erfasst, so dass mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens die Betriebsweise der gesamten technischen Anlage auf einfache Weise ermittelbar und einstellbar ist; das erfindungsgemäße Verfahren kann dabei ein Regelungssystem ausbilden, mittels welchem ein oder mehrere Anlagenteile sowie die gesamte technische Anlage mittels geschlossener Regelkreise geregelt werden. Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Datenbank-Abbild von Betriebsparametern generiert. Dieses Abbild erlaubt dem Betreiber der technischen Anlage Zusammenhänge zwischen Betriebsparametern und der Betriebsweise der technischen Anlage abzuleiten, eigenes Wissen mit den erfassten Daten abzugleichen und gezielt gewünschte Betriebsweisen der technischen Anlage anzusteuern. Bevorzugt werden mehrere Fingerprints miteinander verglichen, um zu identifizieren, welche Erkenntnisse von einer Betriebsweise auf eine andere Betriebsweise übertragen

25
30
35

werden können. Die entsprechenden Ergebnisse und Vorhersagen können leicht als Datensätze abgespeichert und bei Bedarf jederzeit abgerufen werden.

- 5 Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher dargestellt.

Es zeigt:

- 10 FIG ein Verarbeitungssystem zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In der Figur ist ein Verarbeitungssystem 1 dargestellt, umfassend eine Verarbeitungseinheit 10 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Der Verarbeitungseinheit 10 sind Betriebsparameter 5 einer technischen Anlage zugeführt, welche Eingangsparemeter 15 sowie Ausgangsparemeter 20 umfassen.

- Ein Zeitgeber 25 dient zur Auswahl eines interessierenden Zeitintervalls, während welchem die Betriebsparameter 5 erfasst werden sollen.

- Das zeitliche Verhalten der Betriebsparameter 5 während des Zeitintervalls wird mittels eines neuronalen Netzes 30 und/oder einer Neuro-Fuzzy-Funktionseinheit 35 und/oder eines oder mehrerer genetischer Algorithmen 40 untersucht und daraus ein Zusammenhang zwischen mindestens einem Teil der Eingangsparemeter 15 und mindestens einem Teil der Ausgangsparemeter 20 detektiert und quantifiziert. Die Kenntnis dieses Zusammenhangs gestattet schließlich die Bereitstellung eines Datensatzes 50, welcher Einstellwerte für zumindest einen Teil der Betriebsparameter 5 umfasst, um eine gewünschte Betriebsweise eines Anlagenteils einer technischen Anlage zu erreichen. Dieser Datensatz 50 repräsentiert eine Vorhersage, wie bestimmte Betriebsparameter einzustellen sind, um die gewünschte Betriebsweise der technischen Anlage zu realisieren. Zusätzlich wird durch die Verarbeitungseinheit 10 ein Ver-

trauensmaß 55 ausgegeben, welches eine Wahrscheinlichkeit dafür repräsentiert, dass ein Einstellen der Betriebsparameter gemäß den Daten des Datensatzes 50 zur gewünschten Betriebsweise führt.

5

Innerhalb der Verarbeitungseinheit 10 findet eine Korrelationsanalyse zwischen den Eingangsparameter 15 und den Ausgangsparameter 20 statt, so dass die Betriebs- und Funktionsweise der technischen Anlage anhand der Kenntnis des zeitlichen Verhaltens der Eingangsparameter 15 sowie der damit im Zusammenhang stehenden Ausgangsparameter 20 möglich ist und Datensätze 50 für gewünschte Betriebsweisen der technischen Anlage bereitgestellt werden können, für welche in der Vergangenheit noch keine Betriebsparameter 5 mit den entsprechenden Eingangsparametern 15 und Ausgangsparametern 20 erfasst wurden. Die Verarbeitungseinheit 10 ist insofern zur Interpolation fähig.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer technischen Anlage,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
5 während eines Zeitintervalls einer frei wählbaren Größe
Betriebsparameter mindestens eines Anlagenteils erfasst
werden und aus dem zeitlichen Verhalten dieser Betriebspa-
rameter mittels Methoden der künstlichen Intelligenz um-
fassend mindestens eine Methode aus der Gruppe {Neuronales
10 Netz, Fuzzy Logic, kombinierte Neuro/Fuzzy-Methode, gene-
tischer Algorithmus} eine Betriebsweise und/oder Funkti-
onsweise der technischen Anlage ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Betriebsparameter während mindestens zweier zeitlich
auseinanderliegender Zeitintervalle erfasst werden, die
dabei jeweils als Datensatz erfassten Betriebsparameter
miteinander verglichen werden und mittels Methoden der
20 künstlichen Intelligenz umfassend mindestens eine Methode
aus der Gruppe {Neuronales Netz, Fuzzy Logic, kombinierte
Neuro/Fuzzy-Methode, genetischer Algorithmus} eine Vorher-
sage ermittelt wird, wie zumindest ein Teil der Betriebs-
parameter einzustellen sind, um eine gewünschte Betriebs-
25 weise der technischen Anlage zu erreichen.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
zusätzlich zur Vorhersage ein Vertrauensmaß ermittelt
30 wird, welches eine Wahrscheinlichkeit dafür repräsentiert,
dass ein Einstellen der Betriebsparameter entsprechend der
Vorhersage zur gewünschten Betriebsweise führt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Betriebsweise der technischen Anlage mittels einer
Korrelationsanalyse der Betriebsparameter ermittelt wird,

wobei die Auswirkungen von Änderungen von Betriebsparametern, welche Eingangsparametern entsprechen, auf Betriebsparameter, welche Ausgangsparametern entsprechen, ermittelt werden.

1/1

